

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

PCT/JP 03/02867

11.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 3月12日

出 願 番 号
Application Number:

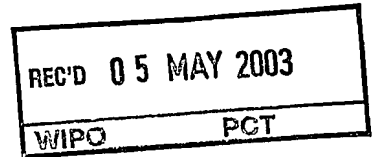
特願2002-067372

[ST.10/C]:

[JP 2002-067372]

出 願 人
Applicant(s):

浜松ホトニクス株式会社

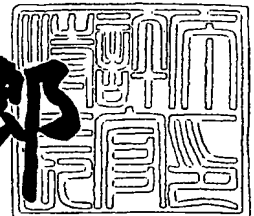


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 4月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3026553

【書類名】 特許願

【整理番号】 2002-0044

【提出日】 平成14年 3月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B23K 26/00320

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

【氏名】 福世 文嗣

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

【氏名】 福満 憲志

【特許出願人】

【識別番号】 000236436

【氏名又は名称】 浜松ホトニクス株式会社

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【弁理士】

【氏名又は名称】 塩田 辰也

【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【弁理士】

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014708

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ加工方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と前記基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、少なくとも前記基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 2】 基板と前記基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも前記基板の内部に集光点を合わせて、集光点におけるピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザ光を照射することにより、少なくとも前記基板の内部にクラック領域を含む改質領域を形成し、当該クラック領域を含む改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 3】 基板と前記基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも前記基板の内部に集光点を合わせて、集光点におけるピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザ光を照射することにより、少なくとも前記基板の内部に熔融処理領域を含む改質領域を形成し、当該熔融処理領域を含む改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 4】 基板と前記基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも前記基板の内部に集光点を合わせて、集光点におけるピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が 1ns 以下の条件でレーザ光を照射することにより、少なくとも前記基板の内部に屈折率が変化した領域である屈折率変化領域を含む改質領域を形成し、当該屈折率が変化した領域である屈折率変化領域を含む改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 5】 基板と前記基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することに

より、少なくとも前記基板の内部に改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 6】 基板と前記基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物に対し、前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射すると共に、前記積層部の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、前記基板の内部と前記積層部の内部とにそれぞれ改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 7】 基板と前記基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも前記基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、少なくとも前記基板の内部に切断予定ラインに沿って改質領域を形成することで、前記加工対象物を切断することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 8】 前記改質領域は、前記基板の内部においてクラックが発生した領域であるクラック領域、前記基板の内部において溶融処理した領域である溶融処理領域、及び前記基板の内部において屈折率が変化した領域である屈折率変化領域のうちの少なくともいずれか 1 つを含むことを特徴とする請求項 5～7 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 9】 前記基板の内部に集光点が合わされて照射されるレーザ光は、前記基板の裏面側から照射されることを特徴とする請求項 1～8 のいずれか 1 項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 10】 基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、前記基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程と、

前記切断予定部を形成する工程後、前記基板の表面に積層部を設ける工程と、を備えることを特徴とするレーザ加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板の表面に積層部が設けられて構成された加工対象物の切断に使用されるレーザ加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体デバイス用として Al_2O_3 基板上にGa_aN等の半導体動作層を結晶成長させたものや、液晶表示装置用としてガラス基板上に他のガラス基板を貼り合わせたもの等、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断する技術が求められている。

【0003】

従来、これらの積層構造を有する加工対象物の切断には、ブレードダイシング法やダイヤモンドスクライブ法が使用されるのが一般的である。

【0004】

ブレードダイシング法とは、ダイヤモンドブレード等により加工対象物を切削して切断する方法である。一方、ダイヤモンドスクライブ法とは、ダイヤモンドポイントツールにより加工対象物の表面にスクライブラインを設け、このスクライブラインに沿うよう加工対象物の裏面にナイフエッジを押し当てて、加工対象物を割って切断する方法である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ブレードダイシング法にあっては、例えば、加工対象物が上述した液晶表示装置用のものである場合、ガラス基板と他のガラス基板との間に間隙が設けられているため、この間隙に削り屑や潤滑洗浄水が入り込んでしまうおそれがある。

【0006】

また、ダイヤモンドスクライブ法にあっては、加工対象物が Al_2O_3 基板等の硬度の高い基板を有している場合や、或いは、加工対象物がガラス基板同士を貼り合わせたものである場合等に、加工対象物の表面だけでなく裏面にもスクライブラインを設けなければならず、この表面と裏面とに設けられたスクライブラインの位置ずれによって切断不良が生じるおそれがある。

【0007】

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、上述したよ

うな問題を解決し、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断することのできるレーザ加工方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と当該基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、少なくとも基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

このレーザ加工方法によれば、加工対象物が有する基板の内部に、多光子吸収という現象により形成される改質領域でもって、加工対象物を切断すべき所望の切断予定ラインに沿った切断予定部を形成することができる。しかも、基板の表面に設けられている積層部の厚さや材質等を考慮して、基板の表面から切断予定部における改質領域までの距離を、レーザ光の集光点を合わせる位置を調節することにより制御することができる。したがって、基板の内部に形成された切断予定部を起点として、基板の表面に積層部が設けられて構成された加工対象物を比較的小さな力で割って切断することができ、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断することが可能となる。

【 0 0 1 0 】

ここで、基板の表面に設けられた積層部とは、基板の表面に堆積されたもの、基板の表面に貼り合わされたもの、或いは基板の表面に取り付けられたもの等をいい、基板に対し異種材料であるか同種材料であるかは問わない。そして、基板の表面に設けられた積層部には、基板に密着して設けられるものや、基板と間隙を取って設けられるもの等がある。例としては、基板上に結晶成長により形成された半導体動作層や、ガラス基板上に貼り合わされた他のガラス基板等があり、積層部は異種材料を複数層形成したものも含む。また、基板の内部とは、積層部が設けられている基板の表面上をも含む意味である。さらに、集光点とは、レーザ光が集光した箇所のことである。そして、切断予定部は、改質領域が連続的に

形成されることで形成される場合もあるし、改質領域が断続的に形成されることで形成される場合もある。

【 0 0 1 1 】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも基板の内部に集光点を合わせて、集光点におけるピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザ光を照射することにより、少なくとも基板の内部にクラック領域を含む改質領域を形成し、当該クラック領域を含む改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

この条件でレーザ光が照射されると、基板の内部では多光子吸収による光学的損傷という現象が発生する。この光学的損傷により基板の内部に熱ひずみが誘起され、基板の内部にクラック領域が形成される。クラック領域は上述した改質領域の一例である。このレーザ加工方法の対象となる基板としては、例えばガラスを含む部材がある。

【 0 0 1 3 】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも基板の内部に集光点を合わせて、集光点におけるピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザ光を照射することにより、少なくとも基板の内部に熔融処理領域を含む改質領域を形成し、当該熔融処理領域を含む改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とする。

【 0 0 1 4 】

この条件でレーザ光が照射されると、基板の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により基板の内部に熔融処理領域が形成される。熔融処理領域は上述した改質領域の一例である。このレーザ加工方法の対象となる基板としては、例えば半導体材料を含む部材がある。

【 0 0 1 5 】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と基板の表面に設けられた積層部

とを有する加工対象物の少なくとも基板の内部に集光点を合わせて、集光点におけるピークパワー密度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が 1 ns 以下の条件でレーザー光を照射することにより、少なくとも基板の内部に屈折率が変化した領域である屈折率変化領域を含む改質領域を形成し、当該屈折率が変化した領域である屈折率変化領域を含む改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とする。

【0016】

この条件でレーザー光が照射されると、基板の内部では多光子吸収が発生するが、パルス幅が極めて短いために、多光子吸収によるエネルギーが熱エネルギーに転化せず、基板の内部には、イオン価数変化、結晶化又は分極配向等の永続的な構造変化が誘起されて、屈折率変化領域が形成される。屈折率変化領域は上述した改質領域の一例である。このレーザー加工方法の対象となる基板としては、例えばガラスを含む部材がある。

【0017】

また、本発明に係るレーザー加工方法は、基板と基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも基板の内部に集光点を合わせてレーザー光を照射することにより、少なくとも基板の内部に改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とする。そして、改質領域は、基板の内部においてクラックが発生した領域であるクラック領域、基板の内部において溶融処理した領域である溶融処理領域、及び基板の内部において屈折率が変化した領域である屈折率変化領域のうちの少なくともいずれか1つを含む場合もある。

【0018】

このレーザー加工方法によれば、上述した本発明に係るレーザー加工方法と同様の理由により、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断することが可能となる。ただし、改質領域の形成は、多光子吸収が原因となる場合もあるし、他が原因となる場合もある。

【0019】

また、本発明に係るレーザー加工方法は、基板と基板の表面に設けられた積層部

とを有する加工対象物に対し、基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射すると共に、積層部の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、基板の内部と積層部の内部とにそれぞれ改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とする。そして、改質領域は、基板の内部においてクラックが発生した領域であるクラック領域、基板の内部において溶融処理した領域である溶融処理領域、及び基板の内部において屈折率が変化した領域である屈折率変化領域のうちの少なくともいずれか1つを含む場合もある。

【0020】

このレーザ加工方法によれば、基板の内部と共に積層部の内部にも切断予定ラインに沿った切断予定部を形成するため、加工対象物をより小さな力で割って切断することができ、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断することが可能となる。なお、基板の内部への改質領域の形成と積層部の内部への改質領域との形成は、例えば、異なるレーザ光源を用いて同時に行ってもよいし、同じレーザ光源を用いて別々（順不同）に行ってもよい。そして、改質領域の形成は、多光子吸収が原因となる場合もあるし、他が原因となる場合もある。

【0021】

また、本発明に係るレーザ加工方法は、基板と基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物の少なくとも基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射し、少なくとも基板の内部に切断予定ラインに沿って改質領域を形成することで、加工対象物を切断することを特徴とする。そして、改質領域は、基板の内部においてクラックが発生した領域であるクラック領域、基板の内部において溶融処理した領域である溶融処理領域、及び基板の内部において屈折率が変化した領域である屈折率変化領域のうちの少なくともいずれか1つを含む場合もある。

【0022】

このレーザ加工方法によれば、基板の内部に形成された改質領域を起点として、切断予定ラインに沿った割れが自然に基板及び積層部に成長し切断することができる。このレーザ加工方法は、例えば、基板に比べて積層部が薄い場合等に有効である。ただし、改質領域の形成は、多光子吸収が原因となる場合もあるし、

他が原因となる場合もある。

【 0 0 2 3 】

上述した本発明に係るレーザ加工方法においては、基板の内部に集光点が合わされて照射されるレーザ光は、基板の裏面側から照射されることが好ましい。これによれば、基板の表面に設けられた積層部がレーザ光の遮光性や吸収性を有する場合であっても、加工対象物の基板の内部に改質領域でもって切断予定部を形成することができる。

【 0 0 2 4 】

また、上記目的を達成するために、本発明に係るレーザ加工方法は、基板の内部に集光点を合わせてレーザ光を照射することにより、基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程と、切断予定部を形成する工程後、基板の表面に積層部を設ける工程とを備えることを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

このレーザ加工方法によれば、基板の表面に積層部を設ける前に、基板の内部に切断予定部を形成するが、多光子吸収による改質領域の形成は局所的なものであって、基板の表面ではレーザ光がほとんど吸収されないため、基板の表面が溶融するようなことはない。よって、基板の内部に改質領域が形成されていない場合と同様に、基板の表面に積層部を設けて加工対象物を形成することができる。このようにして形成された加工対象物は、上記と同様の理由により、基板の内部に形成された切断予定部を起点として比較的小さな力で割って切断することができ、したがって、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断することが可能となる。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】

以下、図面と共に本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。本実施形態に係るレーザ加工方法では、加工対象物の内部に多光子吸収による改質領域を形成する。そこで、このレーザ加工方法、特に多光子吸収について最初に説明する。

【 0 0 2 7 】

材料の吸収のバンドギャップ E_G よりも光子のエネルギー $h\nu$ が小さいと光学的に透明となる。よって、材料に吸収が生じる条件は $h\nu > E_G$ である。しかし、光学的に透明でも、レーザ光の強度を非常に大きくすると $n h\nu > E_G$ の条件 ($n = 2, 3, 4, \dots$) で材料に吸収が生じる。この現象を多光子吸収という。パルス波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点のピークパワー密度 (W/cm^2) で決まり、例えばピークパワー密度が $1 \times 10^8 (W/cm^2)$ 以上の条件で多光子吸収が生じる。ピークパワー密度は、(集光点におけるレーザ光の1パルス当たりのエネルギー) \div (レーザ光のビームスポット断面積 \times パルス幅) により求められる。また、連続波の場合、レーザ光の強度はレーザ光の集光点の電界強度 (W/cm^2) で決まる。

【 0 0 2 8 】

このような多光子吸収を利用する本実施形態に係るレーザ加工の原理について、図1～図6を参照して説明する。図1はレーザ加工中の加工対象物1の平面図であり、図2は図1に示す加工対象物1のII-II線に沿った断面図であり、図3はレーザ加工後の加工対象物1の平面図であり、図4は図3に示す加工対象物1のIV-IV線に沿った断面図であり、図5は図3に示す加工対象物1のV-V線に沿った断面図であり、図6は切断された加工対象物1の平面図である。

【 0 0 2 9 】

図1及び図2に示すように、加工対象物1の表面3には、加工対象物1を切断すべき所望の切断予定ライン5がある。切断予定ライン5は直線状に延びた仮想線である(加工対象物1に実際に線を引いて切断予定ライン5としてもよい)。本実施形態に係るレーザ加工は、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して改質領域7を形成する。なお、集光点とはレーザ光Lが集光した箇所のことである。

【 0 0 3 0 】

レーザ光Lを切断予定ライン5に沿って(すなわち矢印A方向に沿って)相対的に移動させることにより、集光点Pを切断予定ライン5に沿って移動させる。これにより、図3～図5に示すように改質領域7が切断予定ライン5に沿って加

工対象物 1 の内部にのみ形成され、この改質領域 7 でもって切断予定部 8 が形成される。本実施形態に係るレーザ加工方法は、加工対象物 1 がレーザ光 L を吸収することにより加工対象物 1 を発熱させて改質領域 7 を形成するのではない。加工対象物 1 にレーザ光 L を透過させ加工対象物 1 の内部に多光子吸収を発生させて改質領域 7 を形成している。よって、加工対象物 1 の表面 3 ではレーザ光 L がほとんど吸収されないので、加工対象物 1 の表面 3 が溶融することはない。

【 0 0 3 1 】

加工対象物 1 の切断において、切断する箇所に起点があると加工対象物 1 はその起点から割れるので、図 6 に示すように比較的小さな力で加工対象物 1 を切断することができる。よって、加工対象物 1 の表面 3 に不必要な割れを発生させることなく加工対象物 1 の切断が可能となる。

【 0 0 3 2 】

なお、切断予定部を起点とした加工対象物の切断には、次の 2 通りが考えられる。1 つは、切断予定部形成後、加工対象物に人為的な力が印加されることにより、切断予定部を起点として加工対象物が割れ、加工対象物が切断される場合である。これは、例えば加工対象物の厚さが大きい場合の切断である。人為的な力が印加されるとは、例えば、加工対象物の切断予定部に沿って加工対象物に曲げ応力やせん断応力を加えたり、加工対象物に温度差を与えることにより熱応力を発生させたりすることである。他の 1 つは、切断予定部を形成することにより、切断予定部を起点として加工対象物の断面方向（厚さ方向）に向かって自然に割れ、結果的に加工対象物が切断される場合である。これは、例えば加工対象物の厚さが小さい場合には、1 列の改質領域により切断予定部が形成されることで可能となり、加工対象物の厚さが大きい場合には、厚さ方向に複数列形成された改質領域により切断予定部が形成されることで可能となる。なお、この自然に割れる場合も、切断する箇所において、切断予定部が形成されていない部位に対応する部分の表面上にまで割れが先走ることがなく、切断予定部を形成した部位に対応する部分のみを切断することができるので、切断を制御よくすることができる。近年、シリコンウェハ等の加工対象物の厚さは薄くなる傾向にあるので、このような制御性のよい切断方法は大変有効である。

【0033】

さて、本実施形態において多光子吸収により形成される改質領域としては、次の(1)～(3)がある。

【0034】

(1) 改質領域が1つ又は複数のクラックを含むクラック領域の場合

加工対象物（例えばガラスや LiTaO_3 からなる圧電材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が $1 \times 10^8 \text{ (W/cm}^2\text{)}$ 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザー光を照射する。このパルス幅の大きさは、多光子吸収を生じさせつつ加工対象物の表面に余計なダメージを与えずに、加工対象物の内部にのみクラック領域を形成できる条件である。これにより、加工対象物の内部には多光子吸収による光学的損傷という現象が発生する。この光学的損傷により加工対象物の内部に熱ひずみが誘起され、これにより加工対象物の内部にクラック領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば $1 \times 10^{12} \text{ (W/cm}^2\text{)}$ である。パルス幅は例えば $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$ が好ましい。なお、多光子吸収によるクラック領域の形成は、例えば、第45回レーザー熱加工研究会論文集（1998年、12月）の第23頁～第28頁の「固体レーザー高調波によるガラス基板の内部マーキング」に記載されている。

【0035】

本発明者は、電界強度とクラックの大きさとの関係を実験により求めた。実験条件は下記の通りである。

【0036】

(A) 加工対象物：パイレックスガラス（厚さ $700 \mu\text{m}$ ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザー励起Nd:YAGレーザー

波長： 1064 nm

レーザー光スポット断面積： $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数： 100 kHz

パルス幅： 30 ns

出力：出力＜1 mJ／パルス

レーザ光品質：TEM₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

レーザ光波長に対する透過率：60パーセント

(D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度：100 mm／秒

【0037】

なお、レーザ光品質がTEM₀₀とは、集光性が高くレーザ光の波長程度まで集光可能を意味する。

【0038】

図7は上記実験の結果を示すグラフである。横軸はピークパワー密度であり、レーザ光がパルスレーザ光なので電界強度はピークパワー密度で表される。縦軸は1パルスのレーザ光により加工対象物の内部に形成されたクラック部分（クラックスポット）の大きさを示している。クラックスポットが集まりクラック領域となる。クラックスポットの大きさは、クラックスポットの形状のうち最大の長さとなる部分の大きさである。グラフ中の黒丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が100倍、開口数（NA）が0.80の場合である。一方、グラフ中の白丸で示すデータは集光用レンズ（C）の倍率が50倍、開口数（NA）が0.55の場合である。ピークパワー密度が 10^{11} (W/cm²)程度から加工対象物の内部にクラックスポットが発生し、ピークパワー密度が大きくなるに従いクラックスポットも大きくなることが分かる。

【0039】

次に、本実施形態に係るレーザ加工において、クラック領域形成による加工対象物の切断のメカニズムについて図8～図11を用いて説明する。図8に示すように、多光子吸収が生じる条件で加工対象物1の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを加工対象物1に照射して切断予定ラインに沿って内部にクラック領域9を形成する。クラック領域9は1つ又は複数のクラックを含む領域である。このクラック領域9でもって切断予定部が形成される。図9に示すようにクラック領域9を起点として（すなわち、切断予定部を起点として）クラックがさらに成長

し、図 1 0 に示すようにクラックが加工対象物 1 の表面 3 と裏面 2 1 に到達し、図 1 1 に示すように加工対象物 1 が割れることにより加工対象物 1 が切断される。加工対象物の表面と裏面に到達するクラックは自然に成長する場合もあるし、加工対象物に力が印加されることにより成長する場合もある。

【 0 0 4 0 】

(2) 改質領域が溶融処理領域の場合

加工対象物（例えばシリコンのような半導体材料）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm^2) 以上で且つパルス幅が $1 \mu\text{s}$ 以下の条件でレーザー光を照射する。これにより加工対象物の内部は多光子吸収によって局所的に加熱される。この加熱により加工対象物の内部に溶融処理領域が形成される。溶融処理領域とは一旦溶融後再固化した領域や、まさに溶融状態の領域や、溶融状態から再固化する状態の領域であり、相変化した領域や結晶構造が変化した領域ということもできる。また、溶融処理領域とは単結晶構造、非晶質構造、多結晶構造において、ある構造が別の構造に変化した領域ということもできる。つまり、例えば、単結晶構造から非晶質構造に変化した領域、単結晶構造から多結晶構造に変化した領域、単結晶構造から非晶質構造及び多結晶構造を含む構造に変化した領域を意味する。加工対象物がシリコン単結晶構造の場合、溶融処理領域は例えば非晶質シリコン構造である。電界強度の上限値としては、例えば 1×10^{12} (W/cm^2) である。パルス幅は例えば $1 \text{ ns} \sim 200 \text{ ns}$ が好ましい。

【 0 0 4 1 】

本発明者は、シリコンウェハの内部で溶融処理領域が形成されることを実験により確認した。実験条件は次の通りである。

【 0 0 4 2 】

(A) 加工対象物：シリコンウェハ（厚さ $350 \mu\text{m}$ 、外径 4 インチ）

(B) レーザ

光源：半導体レーザー励起 Nd : YAG レーザ

波長： 1064 nm

レーザー光スポット断面積： $3.14 \times 10^{-8} \text{ cm}^2$

発振形態：Qスイッチパルス

繰り返し周波数：1 0 0 k H z

パルス幅：3 0 n s

出力：2 0 μ J / パルス

レーザ光品質：T E M₀₀

偏光特性：直線偏光

(C) 集光用レンズ

倍率：5 0 倍

N. A. : 0. 5 5

レーザ光波長に対する透過率：6 0 パーセント

(D) 加工対象物が載置される載置台の移動速度：1 0 0 m m / 秒

【0 0 4 3】

図 1 2 は、上記条件でのレーザ加工により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。シリコンウェハ 1 1 の内部に溶融処理領域 1 3 が形成されている。なお、上記条件により形成された溶融処理領域 1 3 の厚さ方向の大きさは 1 0 0 μ m 程度である。

【0 0 4 4】

溶融処理領域 1 3 が多光子吸収により形成されたことを説明する。図 1 3 は、レーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。ただし、シリコン基板の表面側と裏面側それぞれの反射成分を除去し、内部のみの透過率を示している。シリコン基板の厚さ t が 5 0 μ m、1 0 0 μ m、2 0 0 μ m、5 0 0 μ m、1 0 0 0 μ m の各々について上記関係を示した。

【0 0 4 5】

例えば、N d : Y A G レーザの波長である 1 0 6 4 n m において、シリコン基板の厚さが 5 0 0 μ m 以下の場合、シリコン基板の内部ではレーザ光が 8 0 % 以上透過することが分かる。図 1 2 に示すシリコンウェハ 1 1 の厚さは 3 5 0 μ m であるので、多光子吸収による溶融処理領域 1 3 はシリコンウェハの中心付近、つまり表面から 1 7 5 μ m の部分に形成される。この場合の透過率は、厚さ 2 0 0 μ m のシリコンウェハを参考にすると、9 0 % 以上なので、レーザ光がシリコ

ンウェハ 11 の内部で吸収されるのは僅かであり、ほとんどが透過する。このことは、シリコンウェハ 11 の内部でレーザ光が吸収されて、溶融処理領域 13 がシリコンウェハ 11 の内部に形成（つまりレーザ光による通常の加熱で溶融処理領域が形成）されたものではなく、溶融処理領域 13 が多光子吸収により形成されたことを意味する。多光子吸収による溶融処理領域の形成は、例えば、溶接学会全国大会講演概要第 66 集（2000 年 4 月）の第 72 頁～第 73 頁の「ピコ秒パルスレーザによるシリコンの加工特性評価」に記載されている。

【0046】

なお、シリコンウェハは、溶融処理領域でもって形成される切断予定部を起点として断面方向に向かって割れを発生させ、その割れがシリコンウェハの表面と裏面とに到達することにより、結果的に切断される。シリコンウェハの表面と裏面に到達するこの割れは自然に成長する場合もあるし、シリコンウェハに力が印加されることにより成長する場合もある。なお、切断予定部からシリコンウェハの表面と裏面とに割れが自然に成長する場合には、切断予定部を形成する溶融処理領域が溶融している状態から割れが成長する場合と、切断予定部を形成する溶融処理領域が溶融している状態から再固化する際に割れが成長する場合とのいずれもある。ただし、どちらの場合も溶融処理領域はシリコンウェハの内部のみに形成され、切断後の切断面には、図 12 のように内部にのみ溶融処理領域が形成されている。加工対象物の内部に溶融処理領域でもって切断予定部を形成すると、割断時、切断予定部ラインから外れた不必要な割れが生じにくいので、割断制御が容易となる。

【0047】

（3）改質領域が屈折率変化領域の場合

加工対象物（例えばガラス）の内部に集光点を合わせて、集光点における電界強度が 1×10^8 (W/cm²) 以上で且つパルス幅が 1 ns 以下の条件でレーザ光を照射する。パルス幅を極めて短くして、多光子吸収を加工対象物の内部に起こさせると、多光子吸収によるエネルギーが熱エネルギーに転化せずに、加工対象物の内部にはイオン価数変化、結晶化又は分極配向等の永続的な構造変化が誘起されて屈折率変化領域が形成される。電界強度の上限値としては、例えば $1 \times$

10^{12} (W/cm^2) である。パルス幅は例えば 1 ns 以下が好ましく、 1 ps 以下がさらに好ましい。多光子吸収による屈折率変化領域の形成は、例えば、第 42 回レーザ熱加工研究会論文集 (1997 年, 11 月) の第 105 頁～第 111 頁の「フェムト秒レーザー照射によるガラス内部への光誘起構造形成」に記載されている。

【0048】

次に、上述したレーザ加工方法に使用されるレーザ加工装置について、図 14 を参照して説明する。図 14 はレーザ加工装置 100 の概略構成図である。

【0049】

レーザ加工装置 100 は、レーザ光 L を発生するレーザ光源 101 と、レーザ光 L の出力やパルス幅等を調節するためにレーザ光源 101 を制御するレーザ光源制御部 102 と、レーザ光 L の反射機能を有しかつレーザ光 L の光軸の向きを 90° 変えるように配置されたダイクロイックミラー 103 と、ダイクロイックミラー 103 で反射されたレーザ光 L を集光する集光用レンズ 105 と、集光用レンズ 105 で集光されたレーザ光 L が照射される加工対象物 1 が載置される載置台 107 と、載置台 107 を X 軸方向に移動させるための X 軸ステージ 109 と、載置台 107 を X 軸方向に直交する Y 軸方向に移動させるための Y 軸ステージ 111 と、載置台 107 を X 軸及び Y 軸方向に直交する Z 軸方向に移動させるための Z 軸ステージ 113 と、これら 3 つのステージ 109, 111, 113 の移動を制御するステージ制御部 115 とを備える。

【0050】

この集光点 P の X (Y) 軸方向の移動は、加工対象物 1 を X (Y) 軸ステージ 109 (111) により X (Y) 軸方向に移動させることにより行う。 Z 軸方向は、加工対象物 1 の表面 3 と直交する方向なので、加工対象物 1 に入射するレーザ光 L の焦点深度の方向となる。よって、 Z 軸ステージ 113 を Z 軸方向に移動させることにより、加工対象物 1 の内部にレーザ光 L の集光点 P を合わせることができる。これにより、例えば、加工対象物 1 が多層構造を有しているような場合に、加工対象物 1 の基板や或いは当該基板上の積層部等、所望の位置に集光点 P を合わせることができる。

【 0 0 5 1 】

レーザ光源 1 0 1 はパルスレーザ光を発生する Nd : YAG レーザである。レーザ光源 1 0 1 に用いることができるレーザとして、この他、Nd : YVO₄ レーザ、Nd : YLF レーザやチタンサファイアレーザがある。本実施形態では、加工対象物 1 の加工にパルスレーザ光を用いているが、多光子吸収を起こさせることができるなら連続波レーザ光でもよい。

【 0 0 5 2 】

レーザ加工装置 1 0 0 はさらに、載置台 1 0 7 に載置された加工対象物 1 を可視光線により照明するために可視光線を発生する観察用光源 1 1 7 と、ダイクロイックミラー 1 0 3 及び集光用レンズ 1 0 5 と同じ光軸上に配置された可視光用のビームスプリッタ 1 1 9 とを備える。ビームスプリッタ 1 1 9 と集光用レンズ 1 0 5 との間にダイクロイックミラー 1 0 3 が配置されている。ビームスプリッタ 1 1 9 は、可視光線の約半分を反射し残りの半分を透過する機能を有しかつ可視光線の光軸の向きを 9 0 ° 変えるように配置されている。観察用光源 1 1 7 から発生した可視光線はビームスプリッタ 1 1 9 で約半分が反射され、この反射された可視光線がダイクロイックミラー 1 0 3 及び集光用レンズ 1 0 5 を透過し、加工対象物 1 の切断予定ライン 5 等を含む表面 3 を照明する。なお、加工対象物 1 の裏面が集光用レンズ 1 0 5 側となるよう加工対象物 1 が載置台 1 0 7 に載置された場合は、ここでいう「表面」が「裏面」となるのは勿論である。

【 0 0 5 3 】

レーザ加工装置 1 0 0 はさらに、ビームスプリッタ 1 1 9、ダイクロイックミラー 1 0 3 及び集光用レンズ 1 0 5 と同じ光軸上に配置された撮像素子 1 2 1 及び結像レンズ 1 2 3 を備える。撮像素子 1 2 1 としては例えば CCD カメラがある。切断予定ライン 5 等を含む表面 3 を照明した可視光線の反射光は、集光用レンズ 1 0 5、ダイクロイックミラー 1 0 3、ビームスプリッタ 1 1 9 を透過し、結像レンズ 1 2 3 で結像されて撮像素子 1 2 1 で撮像され、撮像データとなる。

【 0 0 5 4 】

レーザ加工装置 1 0 0 はさらに、撮像素子 1 2 1 から出力された撮像データが入力される撮像データ処理部 1 2 5 と、レーザ加工装置 1 0 0 全体を制御する全

体制御部127と、モニタ129とを備える。撮像データ処理部125は、撮像データを基にして観察用光源117で発生した可視光の焦点を加工対象物1の表面3上に合わせるための焦点データを演算する。この焦点データを基にしてステージ制御部115がZ軸ステージ113を移動制御することにより、可視光の焦点が加工対象物の表面3に合うようにする。よって、撮像データ処理部125はオートフォーカスユニットとして機能する。また、撮像データ処理部125は、撮像データを基にして表面3の拡大画像等の画像データを演算する。この画像データは全体制御部127に送られ、全体制御部で各種処理がなされ、モニタ129に送られる。これにより、モニタ129に拡大画像等が表示される。

【0055】

全体制御部127には、ステージ制御部115からのデータ、撮像データ処理部125からの画像データ等が入力し、これらのデータも基にしてレーザ光源制御部102、観察用光源117及びステージ制御部115を制御することにより、レーザ加工装置100全体を制御する。よって、全体制御部127はコンピュータユニットとして機能する。

【0056】

次に、本実施形態に係るレーザ加工方法について、図14及び図15を参照して説明する。図15は、本実施形態に係るレーザ加工方法を説明するためのフローチャートである。なお、本実施形態において、加工対象物1は、基板と当該基板の表面に設けられた積層部とを有している。また、加工対象物1は、図14に示すレーザ加工装置100の載置台107に、基板の裏面が集光用レンズ105側となるよう載置される。すなわち、レーザ光Lは、加工対象物1が有している基板の裏面側から照射される。

【0057】

まず、加工対象物1の基板の光吸収特性を図示しない分光光度計等により測定する。この測定結果に基づいて、加工対象物1の基板に対して透明な波長又は吸収の少ない波長のレーザ光Lを発生するレーザ光源101を選定する（S101）。なお、このレーザ光Lは基板の裏面側から照射されることとなるため、基板の表面に設けられた積層部がこのレーザ光に対し遮光性や吸収性を有している場

合であっても、レーザ加工の妨げとなるようなことはない。

【0058】

続いて、加工対象物1の基板の厚さや屈折率、及び基板の表面に形成されている積層部の厚さや材質等を考慮して、加工対象物1のZ軸方向の移動量を決定する(S103)。これは、加工対象物1が有している基板内部の所望の位置にレーザ光Lの集光点Pを合わせるために、加工対象物1の基板の裏面に位置するレーザ光Lの集光点Pを基準とした加工対象物1のZ軸方向の移動量である。この移動量は全体制御部127に入力される。

【0059】

加工対象物1をレーザ加工装置100の載置台107に基板の裏面が集光用レンズ105側となるよう載置する。そして、観察用光源117から可視光を発生させて加工対象物1の基板の裏面を照明する(S105)。照明された切断予定ライン5を含む裏面を撮像素子121により撮像する。切断予定ライン5は、加工対象物1を切断すべき所望の仮想線である。撮像素子121により撮像された撮像データは撮像データ処理部125に送られる。この撮像データに基づいて撮像データ処理部125は、観察用光源117の可視光の焦点が加工対象物1の基板の裏面に位置するような焦点データを演算する(S107)。

【0060】

この焦点データはステージ制御部115に送られる。ステージ制御部115は、この焦点データを基にしてZ軸ステージ113をZ軸方向の移動させる(S109)。これにより、観察用光源117の可視光の焦点が加工対象物1の基板の裏面に位置する。なお、撮像データ処理部125は撮像データに基づいて、切断予定ライン5を含む加工対象物1の基板裏面の拡大画像データを演算する。この拡大画像データは全体制御部127を介してモニタ129に送られ、これによりモニタ129に切断予定ライン5付近の拡大画像が表示される。

【0061】

全体制御部127には予めステップS103で決定された移動量データが入力されており、この移動量データがステージ制御部115に送られる。ステージ制御部115はこの移動量データに基づいて、レーザ光Lの集光点Pが加工対象物

1の基板の内部となる位置に、Z軸ステージ113により加工対象物1をZ軸方向に移動させる（S111）。

【0062】

続いて、レーザ光源101からレーザ光Lを発生させて、レーザ光Lを加工対象物1の基板裏面の切断予定ライン5に照射する。レーザ光Lの集光点Pは加工対象物1の基板の内部に位置しているので、改質領域は加工対象物1の基板の内部にのみ形成される。そして、切断予定ライン5に沿うようにX軸ステージ109やY軸ステージ111を移動させて、切断予定ライン5に沿うよう形成された改質領域でもって切断予定ライン5に沿う切断予定部を加工対象物1の内部に形成する（S113）。

【0063】

以上説明したように、本実施形態に係るレーザ加工方法によれば、加工対象物1が有する基板の裏面側からレーザ光Lを照射し、当該基板の内部に、多光子吸収により形成される改質領域でもって、加工対象物1を切断すべき所望の切断予定ライン5に沿った切断予定部を形成することができる。そして、基板の内部に形成された改質領域の位置は、基板の表面に設けられている積層部の厚さや材質等を考慮して、レーザ光Lの集光点Pを合わせる位置を調節することにより制御されている。したがって、基板の内部に形成された切断予定部を起点として、基板の表面に積層部が設けられて構成された加工対象物1を比較的小さな力で割って切断することができる。

【0064】

なお、加工対象物1の積層部に対して透明な波長又は吸収の少ない波長のレーザ光Lにより、積層部の内部に集光点Pを合わせてレーザ光Lを照射し、積層部の内部にも切断予定ライン5に沿った切断予定部を形成してもよく、この場合、加工対象物1をより小さな力で割って切断することができる。

【0065】

本実施形態に係るレーザ加工方法の実施例について、図16～図21を参照して説明する。

【0066】

図16は、第1の実施例に係る加工対象物1を示す図であり、(a)に、基板15の裏面近傍に改質領域7を形成した場合を示し、(b)に、基板15の表面近傍に改質領域7を形成した場合を示す。図16に示す加工対象物1としては、次世代高速・低消費電力デバイス用のものや次世代デバイス用のものがある。

【0067】

次世代高速・低消費電力デバイス用における基板15／第1の積層部17a／第2の積層部17bは、それぞれSi(500 μ m)／SiO₂(1 μ m)／Si(3 μ m)である。一方、次世代デバイス用における基板15／第1の積層部17a／第2の積層部17bは、それぞれSi(500 μ m)／SrTiO₃(数100nm)／GaAs(数100nm)である(括弧内の数値は厚さを示す)。

【0068】

図16(a)に示すように、改質領域7が加工対象物1の裏面21近傍に位置する場合には、改質領域7でもって形成された切断予定部に沿うよう加工対象物1の表面3にナイフエッジ23を押し当てて、加工対象物1を割って切断する。これは、ナイフエッジ23の押し当てにより生じる曲げ応力のうち大きな引張応力が改質領域7に作用するため、比較的小さな力で加工対象物1を切断することができるからである。一方、図16(b)に示すように、改質領域7が加工対象物1の表面3近傍に位置する場合には、同様の理由から、加工対象物1の裏面3にナイフエッジ23を押し当てて加工対象物1を割って切断する。

【0069】

図17は、第2の実施例に係る加工対象物1を示す図であり、(a)に、基板15の裏面近傍に改質領域7を形成した場合を示し、(b)に、基板15の表面近傍に改質領域7を形成した場合を示す。図17に示す加工対象物1は青色LD・LED用のものであり、基板15／積層部17としては、Al₂O₃(500 μ m)／GaN等の半導体結晶を複数層形成した積層機能膜(数100nm)や、Al₂O₃(500 μ m)／ZnO等の層を複数層形成した積層機能膜(数100nm)の場合がある(括弧内の数値は厚さを示す)。

【0070】

第1の実施例に係る加工対象物1の場合と同様の理由から、図17(a)に示すように、改質領域7が加工対象物1の裏面21近傍に位置する場合には、加工対象物1の表面3にナイフエッジ23を押し当てて加工対象物1を割って切断する。一方、図17(b)に示すように、改質領域7が加工対象物1の表面3近傍に位置する場合には、加工対象物1の裏面21にナイフエッジ23を押し当てて加工対象物1を割って切断する。

【0071】

図18は、第3の実施例に係る加工対象物1を示す図であり、(a)に、基板15の表面近傍と積層部17とに改質領域7を形成した場合を示し、(b)に、基板15の裏面近傍に改質領域7を形成した場合を示し、(c)に、基板15の表面近傍に改質領域7を形成した場合を示す。図18に示す加工対象物1は赤外光検出デバイス用のものであり、基板15／積層部17としては、 Al_2O_3 (500 μm) / $PbSe$ (10 μm) や、 Al_2O_3 (500 μm) / $HgCdTe$ (10 μm) の場合がある（括弧内の数値は厚さを示す）。

【0072】

第1の実施例に係る加工対象物1の場合と同様の理由から、図18(a)及び(c)に示すように、改質領域7が加工対象物1の表面3近傍に位置する場合には、加工対象物1の裏面21にナイフエッジ23を押し当てて加工対象物1を割って切断する。一方、図18(b)に示すように、改質領域7が加工対象物1の裏面21近傍に位置する場合には、加工対象物1の表面3にナイフエッジ23を押し当てて加工対象物1を割って切断する。

【0073】

図19は、第4の実施例に係る加工対象物1を示す図である。図19に示す加工対象物1は多層ガラスであり、基板15としてのガラス基板上に第1の積層部17a及び第2の積層部17bとしてのガラス基板2枚を貼り合わせて積層させたものである。各ガラス基板における改質領域7は、加工対象物1の裏面21側に形成されている。この場合も、第1の実施例に係る加工対象物1の場合と同様の理由から、加工対象物1の表面3にナイフエッジ23を押し当てて加工対象物1を割って切断する。このように積層部の厚さが厚い場合や積層部の硬度が高い

場合には、積層部の内部にも切断予定部を形成すれば、加工対象物 1 をより小さな力で割って切断することができる。

【 0 0 7 4 】

図 2 0 及び図 2 1 は、第 5 の実施例に係る加工対象物 1 を示す図である。図 2 0 においては、(a) に、基板 1 5 の表面近傍と積層部 1 7 の表面近傍とに改質領域 7 を形成した場合を示し、(b) に、基板 1 5 の裏面近傍と積層部 1 7 の裏面近傍とに改質領域 7 を形成した場合を示す。また、図 2 1 においては、(a) に、基板 1 5 の表面近傍と積層部 1 7 の裏面近傍とに改質領域 7 を形成した場合を示し、(b) に、基板 1 5 の裏面近傍と積層部 1 7 の表面近傍とに改質領域 7 を形成した場合を示す。

【 0 0 7 5 】

図 2 0 及び図 2 1 に示す加工対象物 1 は反射型の液晶表示装置用のものである。基板 1 5 は、共通電極が形成されたガラス基板（厚さ 1. 8 mm、外径 8 インチ）であり、積層部 1 7 は、T F T が形成された S i 基板（厚さ 5 0 0 μ m、外径 8 インチ）である。基板 1 5 と積層部 1 7 とは、液晶が入る間隙を設けて接着剤 2 5 により互いに貼り付けられている。

【 0 0 7 6 】

図 2 0 (a) 及び (b) の場合は、加工対象物 1 の裏面 2 1 側からレーザー光を照射して、積層部 1 7 の内部に改質領域 7 を形成し、その後、加工対象物 1 の裏面 2 1 側からレーザー光を照射して、基板 1 5 の内部に改質領域 7 を形成している。これは、レーザー光が基板 1 5 及び積層部 1 7 の両者に対して透明な波長又は吸収の少ない波長を有しているからである。そして、第 1 の実施例に係る加工対象物 1 の場合と同様の理由から、図 2 0 (a) の場合には、加工対象物 1 の裏面 2 1 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて加工対象物 1 を割って切断する。一方、図 2 0 (b) の場合には、加工対象物 1 の表面 3 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて加工対象物 1 を割って切断する。

【 0 0 7 7 】

このように、基板 1 5 及び積層部 1 7 の両者に対して透明な波長又は吸収の少ない波長を有するレーザー光を用いて基板 1 5 と積層部 1 7 とに切断予定部を形成

すれば、従来のダイヤモンドスクライブ法で行われる加工対象物 1 の反転作業を省くことができ、反転作業時の加工対象物 1 の破壊等を防止することができる。また、基板 1 5 と積層部 1 7 とに形成される切断予定部に位置ずれが生じることも防止することができ、これにより精度の高い加工対象物 1 の切断が可能となる。さらに、従来のブレードダイシング法では必須である潤滑洗浄水が不要であるため、基板 1 5 と積層部 1 7 と間の間隙に潤滑洗浄水が入り込んでしまうというような問題もない。

【 0 0 7 8 】

図 2 1 (a) 及び (b) の場合は、加工対象物 1 の裏面 2 1 側からレーザー光を照射して、基板 1 5 の内部に改質領域 7 を形成し、その後、加工対象物 1 の表面 3 側からレーザー光を照射して、積層部 1 7 の内部に改質領域 7 を形成している。そして、第 1 の実施例に係る加工対象物 1 の場合と同様の理由から、図 2 1 (a) の場合には、最初に加工対象物 1 の裏面 2 1 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて基板 1 5 を割って切断し、次に加工対象物 1 の表面 3 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて積層部 1 7 を割って切断する。一方、図 2 1 (b) の場合には、最初に加工対象物 1 の表面 3 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて基板 1 5 を割って切断し、次に加工対象物 1 の裏面 2 1 にナイフエッジ 2 3 を押し当てて積層部 1 7 を割って切断する。

【 0 0 7 9 】

以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されないことはいうまでもない。

【 0 0 8 0 】

上記実施形態では、基板と当該基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物に対してレーザー光を照射し切断予定部を形成する場合について説明したが、本発明では、基板に対してレーザー光を照射し切断予定部を形成した後に、基板の表面に積層部を設けて加工対象物を形成してもよい。

【 0 0 8 1 】

このレーザー加工方法によれば、基板の表面に積層部を設ける前に、基板の内部に切断予定部を形成するが、多光子吸収による改質領域の形成は局所的なもので

あって、基板の表面ではレーザー光がほとんど吸収されないため、基板の表面が溶融するようなことはない。よって、基板の内部に改質領域が形成されていない場合と同様に、基板の表面に積層部を設けて加工対象物を形成することができる。このようにして形成された加工対象物は、上記実施形態と同様の理由により、基板の内部に形成された切断予定部を起点として比較的小さな力で割って切断することができる。

【 0 0 8 2 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るレーザー加工方法によれば、加工対象物が有する基板の内部に、多光子吸収という現象により形成される改質領域でもって、加工対象物を切断すべき所望の切断予定ラインに沿った切断予定部を形成することができる。しかも、基板の表面に設けられている積層部の厚さや材質等を考慮して、基板の表面から切断予定部における改質領域までの距離を、レーザー光の集光点を合わせる位置を調節することにより制御することができる。したがって、基板の内部に形成された切断予定部を起点として、基板の表面に積層部が設けられて構成された加工対象物を比較的小さな力で割って切断することができる。なお、積層部の内部に集光点を合わせてレーザー光を照射し、積層部の内部にも上記切断予定ラインに沿った切断予定部を形成してもよく、この場合、加工対象物をより小さな力で割って切断することができる。以上により、種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施形態に係るレーザー加工方法によるレーザー加工中の加工対象物の平面図である。

【図 2】

図 1 に示す加工対象物の II-II 線に沿った断面図である。

【図 3】

本実施形態に係るレーザー加工方法によるレーザー加工後の加工対象物の平面図である。

【図 4】

図 3 に示す加工対象物の IV-IV 線に沿った断面図である。

【図 5】

図 3 に示す加工対象物の V-V 線に沿った断面図である。

【図 6】

本実施形態に係るレーザ加工方法により切断された加工対象物の平面図である。

【図 7】

本実施形態に係るレーザ加工方法における電界強度とクラックスポットの大きさとの関係を示すグラフである。

【図 8】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 1 工程における加工対象物の断面図である。

【図 9】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 2 工程における加工対象物の断面図である。

【図 10】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 3 工程における加工対象物の断面図である。

【図 11】

本実施形態に係るレーザ加工方法の第 4 工程における加工対象物の断面図である。

【図 12】

本実施形態に係るレーザ加工方法により切断されたシリコンウェハの一部における断面の写真を表した図である。

【図 13】

本実施形態に係るレーザ加工方法におけるレーザ光の波長とシリコン基板の内部の透過率との関係を示すグラフである。

【図 14】

本実施形態に係るレーザー加工装置の概略構成図である。

【図 15】

本実施形態に係るレーザー加工方法を説明するためのフローチャートである。

【図 16】

第 1 の実施例に係る加工対象物を示す図であり、(a) に、基板の裏面近傍に改質領域を形成した場合を示し、(b) に、基板の表面近傍に改質領域を形成した場合を示す。

【図 17】

第 2 の実施例に係る加工対象物を示す図であり、(a) に、基板の裏面近傍に改質領域を形成した場合を示し、(b) に、基板の表面近傍に改質領域を形成した場合を示す。

【図 18】

第 3 の実施例に係る加工対象物を示す図であり、(a) に、基板の表面近傍と積層部とに改質領域を形成した場合を示し、(b) に、基板の裏面近傍に改質領域を形成した場合を示し、(c) に、基板の表面近傍に改質領域を形成した場合を示す。

【図 19】

第 4 の実施例に係る加工対象物を示す図である。

【図 20】

第 5 の実施例に係る加工対象物を示す図であり、(a) に、基板の表面近傍と積層部の表面近傍とに改質領域を形成した場合を示し、(b) に、基板の裏面近傍と積層部の裏面近傍とに改質領域を形成した場合を示す。

【図 21】

第 5 の実施例に係る加工対象物を示す図であり、(a) に、基板の表面近傍と積層部の裏面近傍とに改質領域を形成した場合を示し、(b) に、基板の裏面近傍と積層部の表面近傍とに改質領域を形成した場合を示す。

【符号の説明】

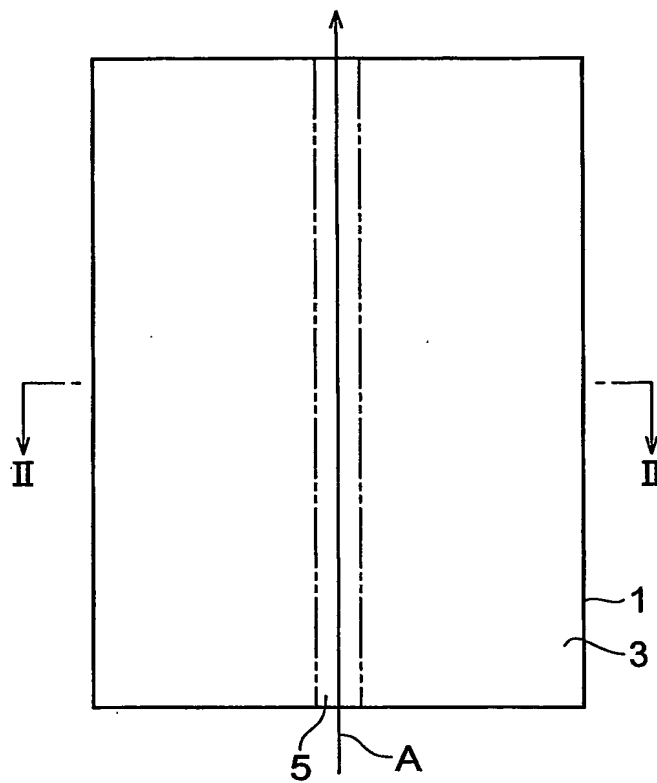
1 …加工対象物、3 …表面、5 …切断予定ライン、7 …改質領域、8 …切断予定部、9 …クラック領域、11 …シリコンウェハ、13 …溶融処理領域、15 …

基板、17、17a、17b…積層部、21…裏面、100…レーザ加工装置、
101…レーザ光源、105…集光用レンズ、109…X軸ステージ、111…
Y軸ステージ、113…Z軸ステージ、L…レーザ光、P…集光点。

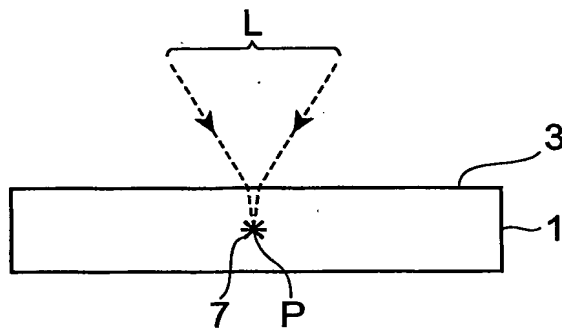
【書類名】

図面

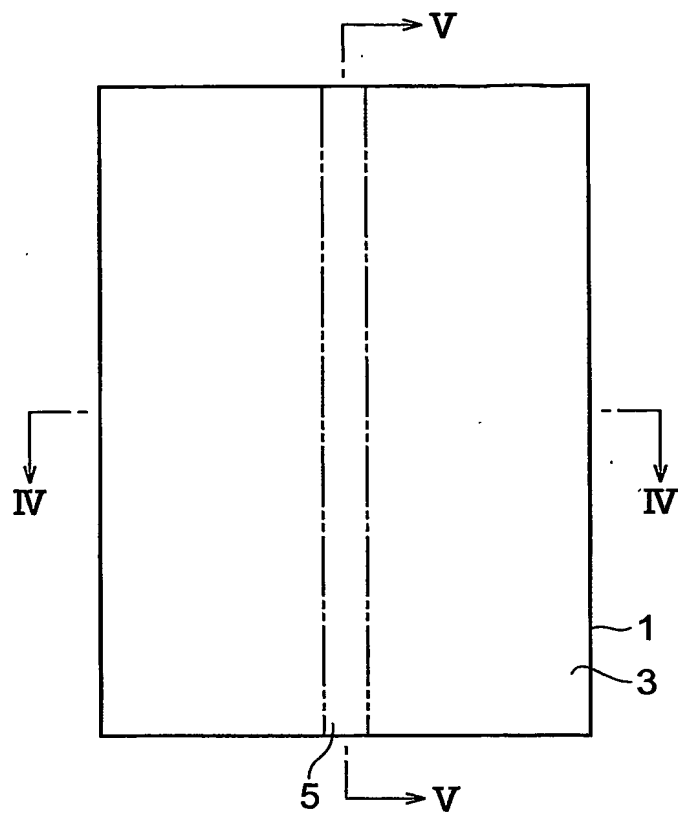
【図 1】



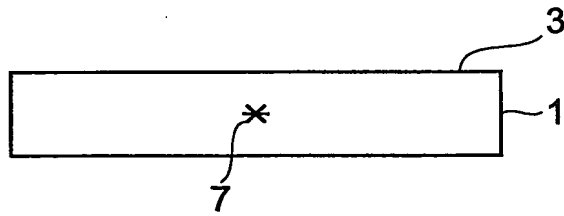
【図2】



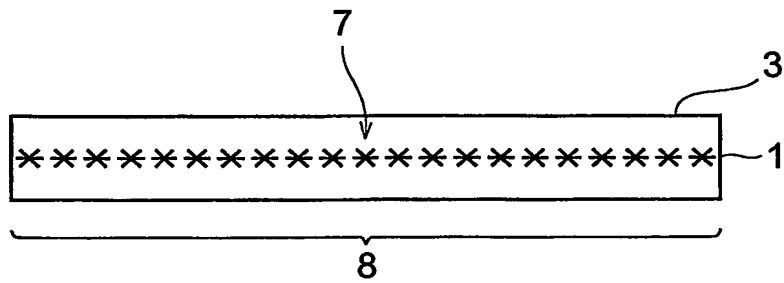
【図3】



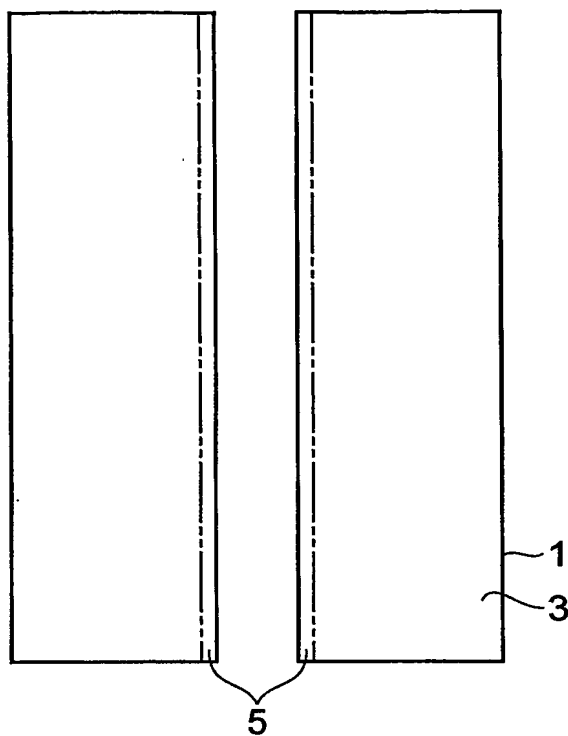
【図 4】



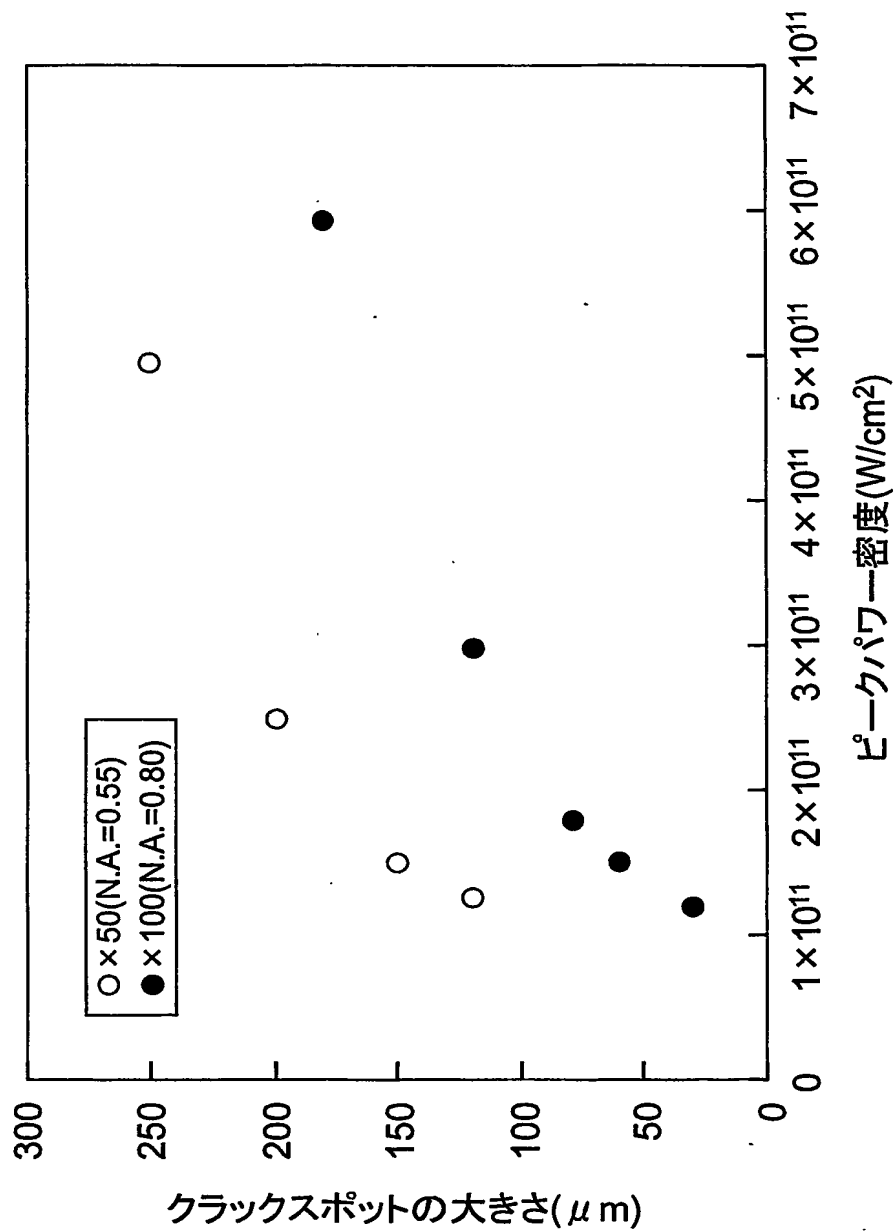
【図 5】



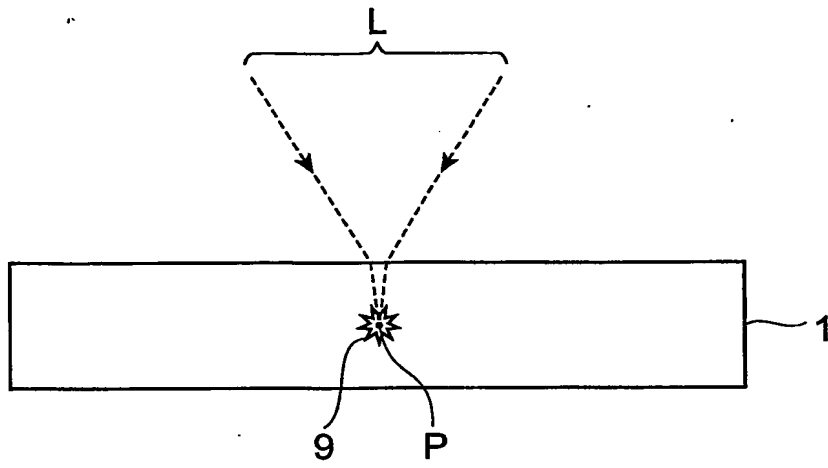
【図6】



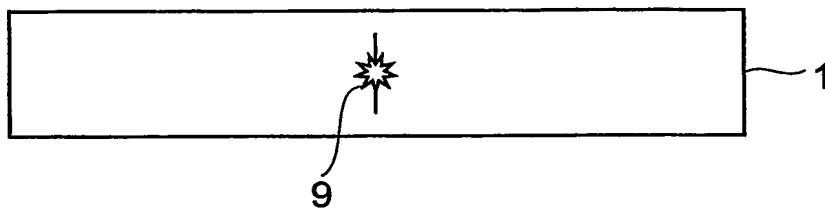
【図 7】



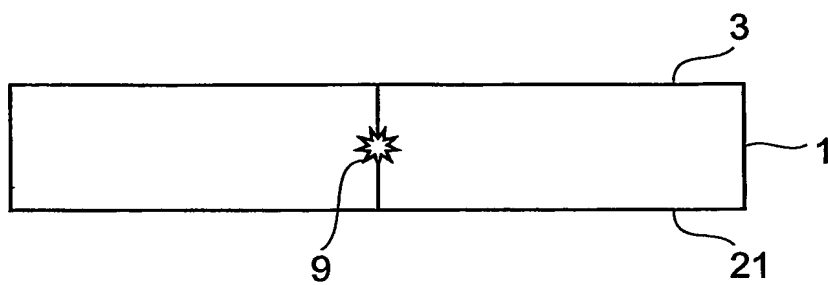
【図 8】



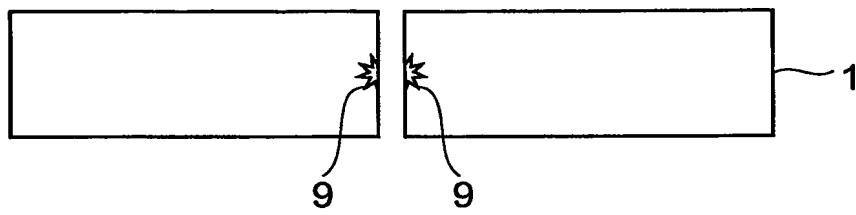
【図9】



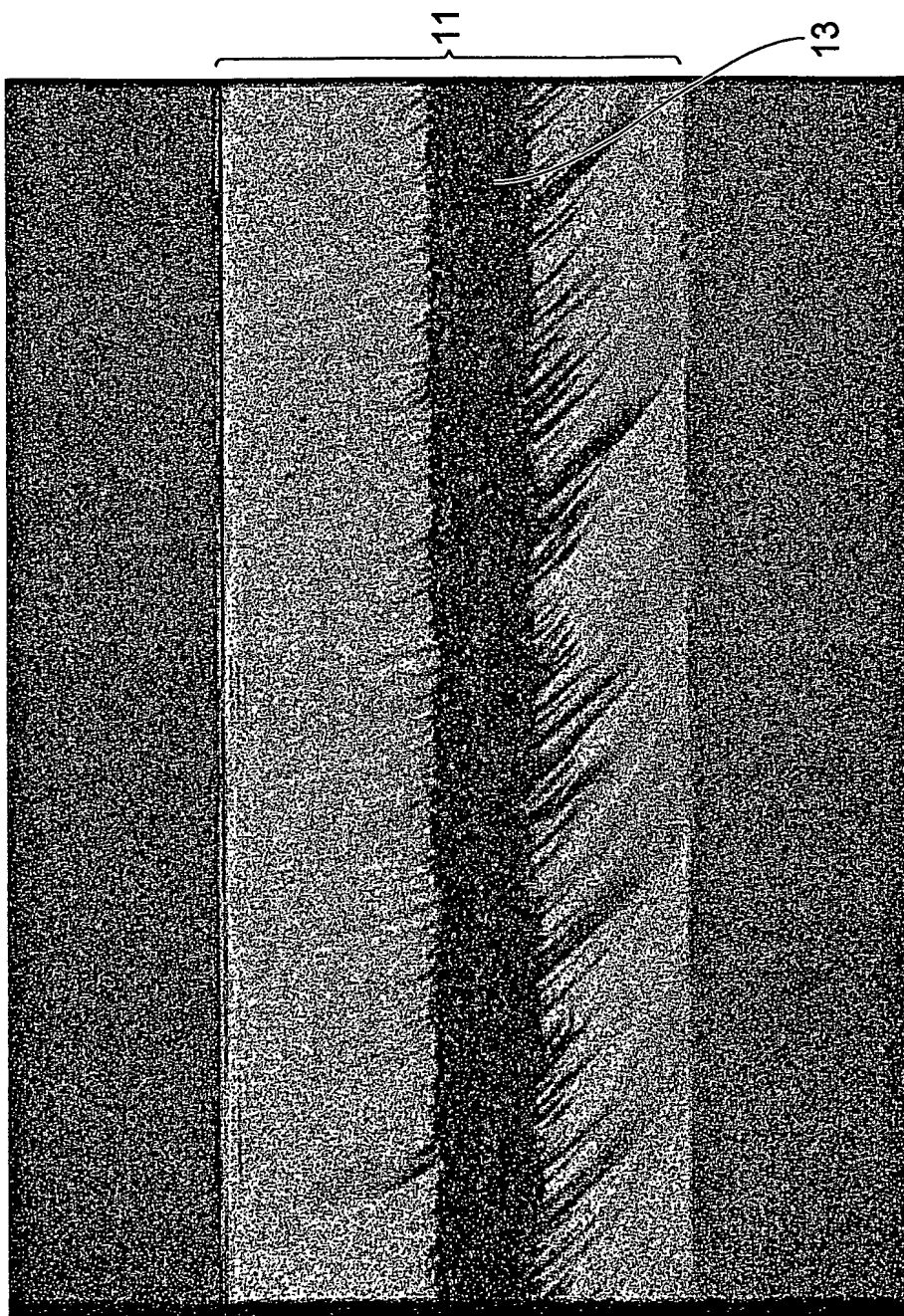
【図 1 0】



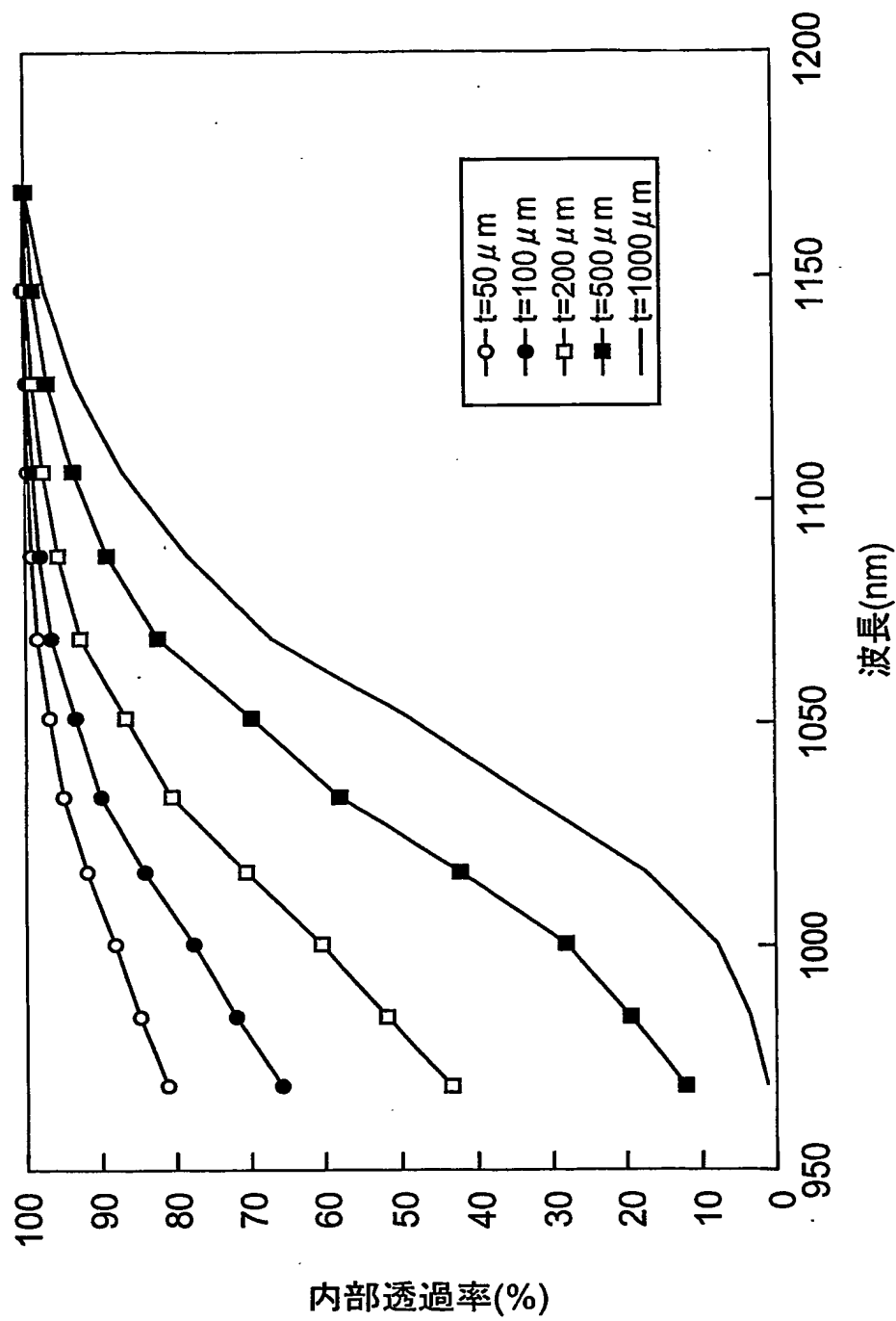
【図 1 1】



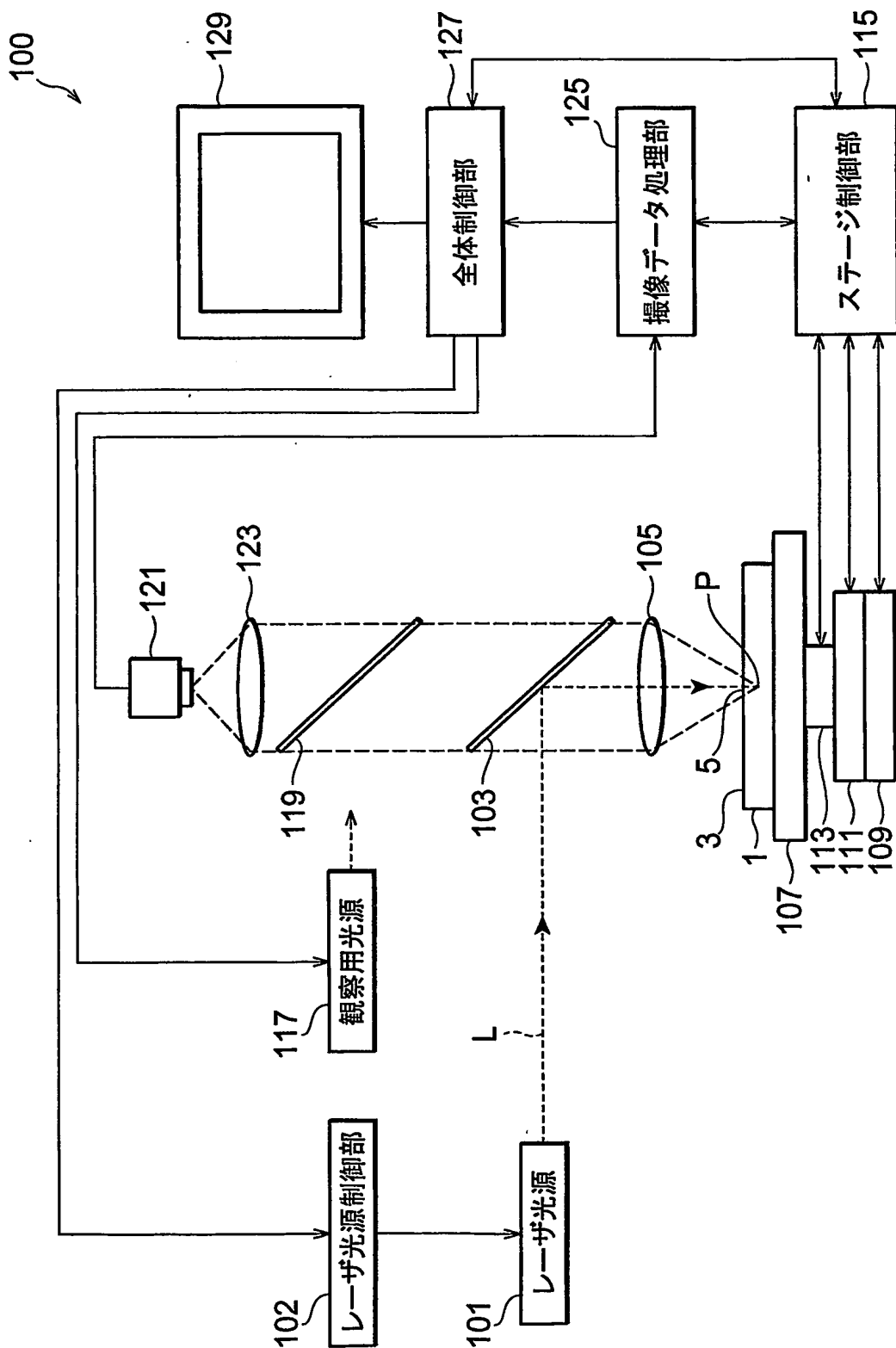
【図 1 2】



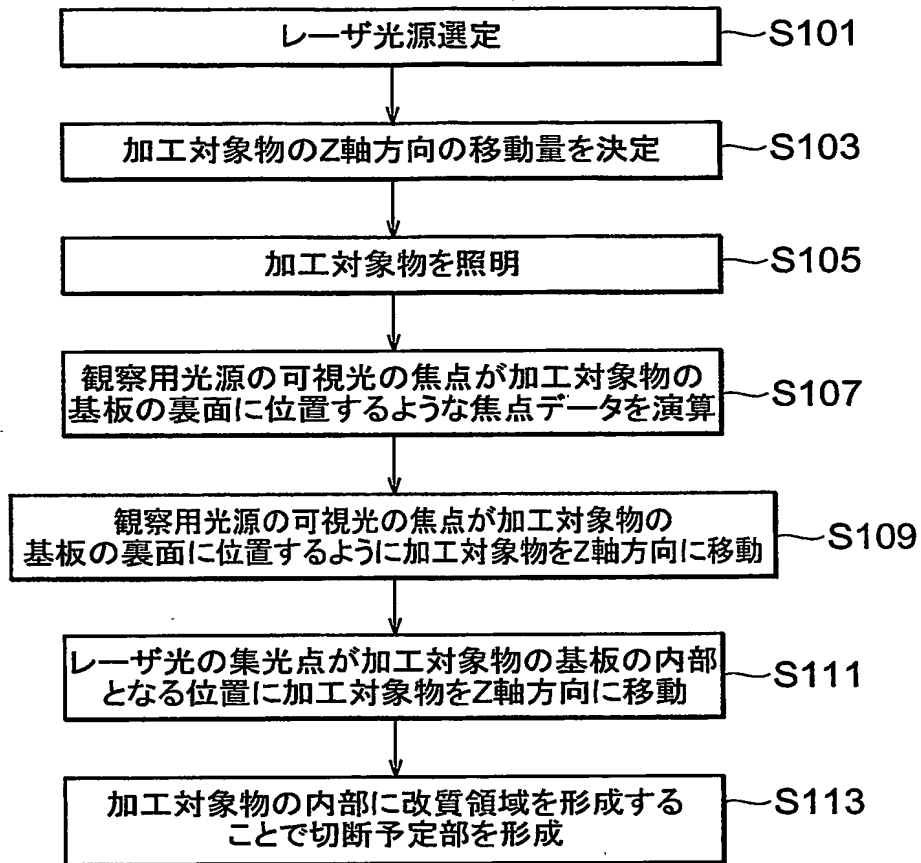
【図13】



【図14】

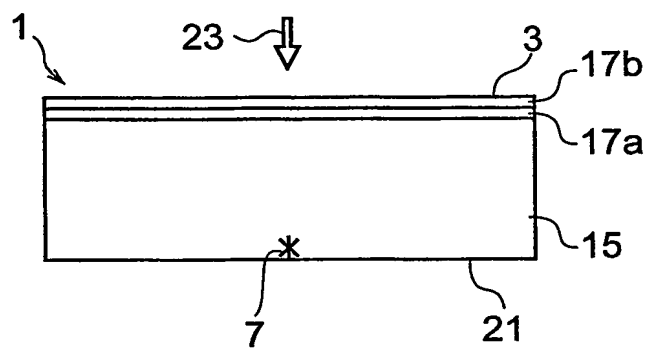


【図15】

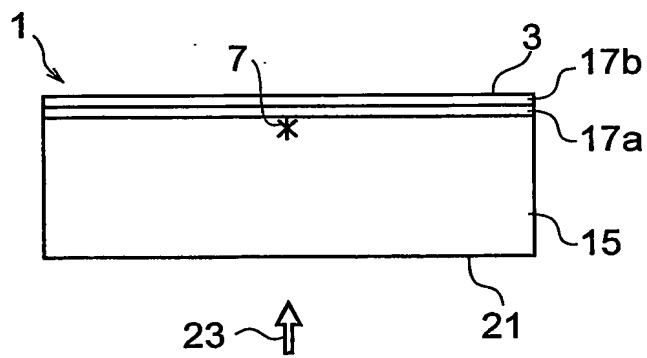


【図 1 6】

(a)

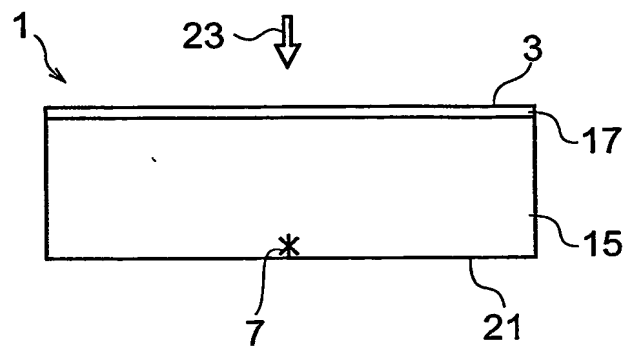


(b)

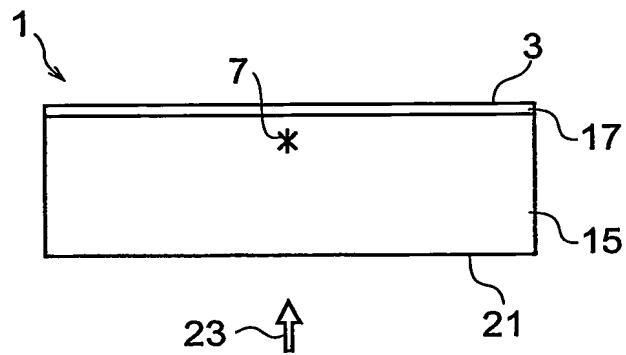


【図 1 7】

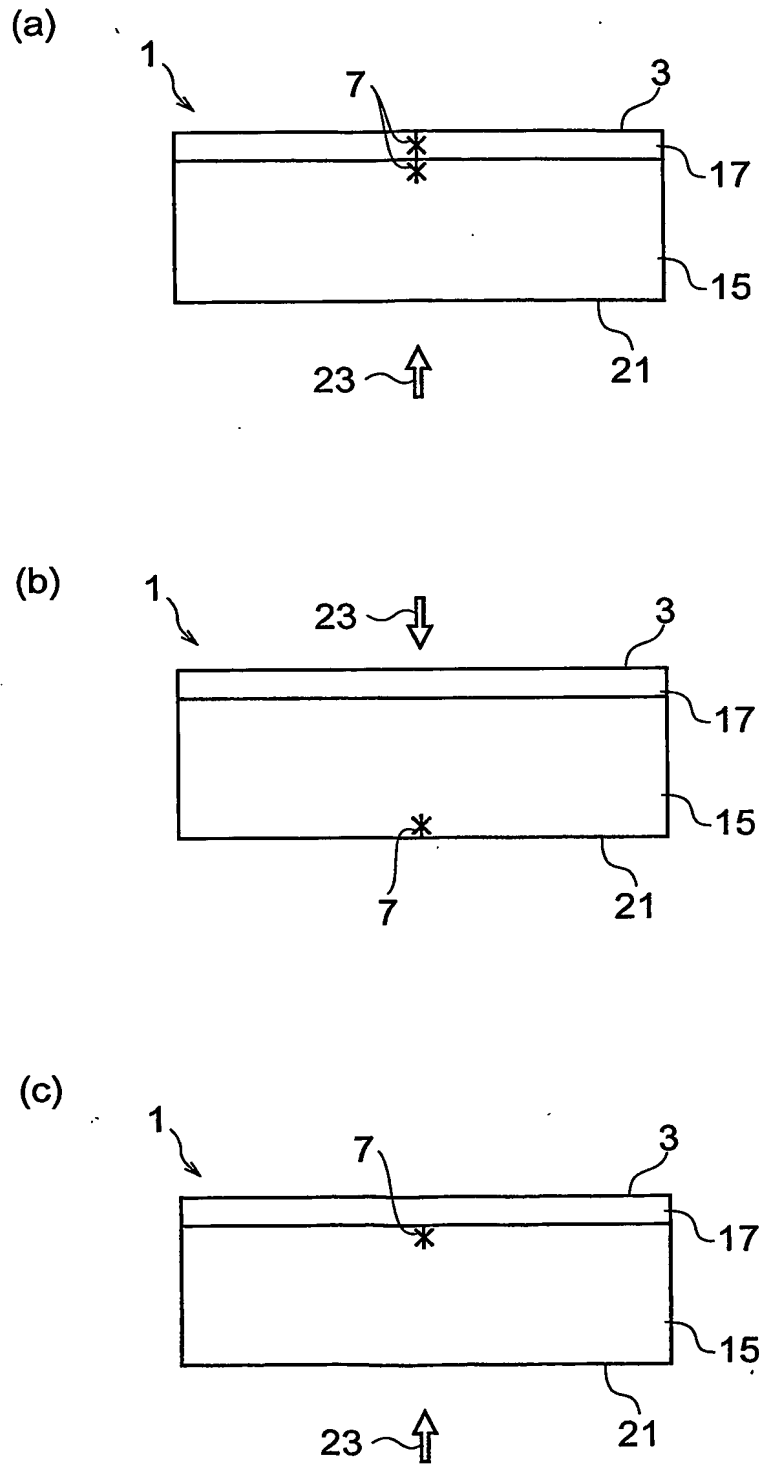
(a)



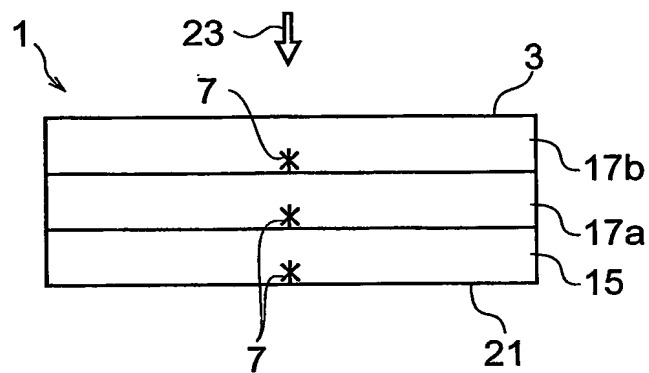
(b)



【図18】

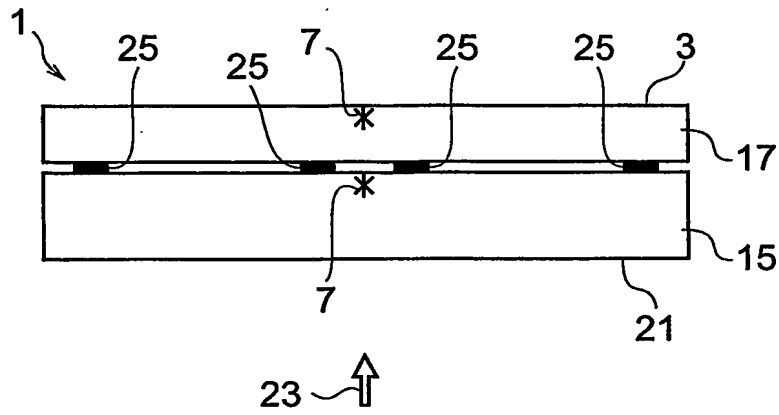


【図 1 9】

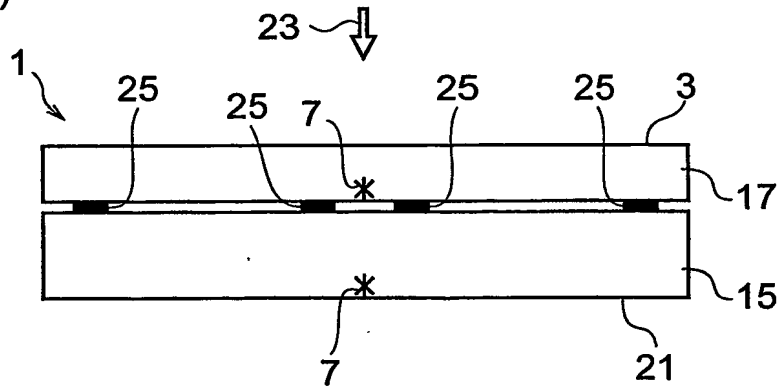


【図 20】

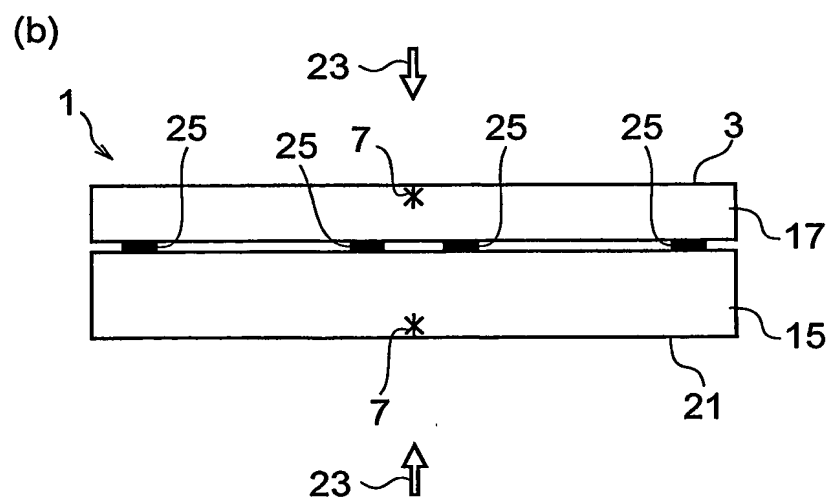
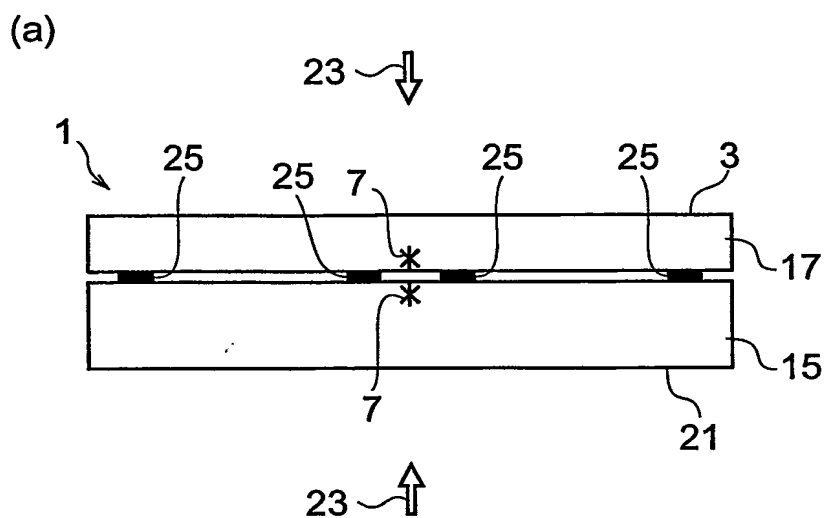
(a)



(b)



【図 21】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 種々の積層構造を有する加工対象物を高精度に切断することのできるレーザ加工方法を提供する。

【解決手段】 本発明に係るレーザ加工方法は、基板と当該基板の表面に設けられた積層部とを有する加工対象物 1 の少なくとも基板の内部に集光点 P を合わせてレーザ光 L を照射することにより、少なくとも基板の内部に多光子吸収による改質領域を形成し、当該改質領域でもって切断予定部を形成する工程を備えることを特徴とする。

【選択図】 図 1 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000236436]

1. 変更年月日	1990年 8月10日
[変更理由]	新規登録
住 所	静岡県浜松市市野町1126番地の1
氏 名	浜松ホトニクス株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.